ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ







Научная статья
УДК 311
https://doi.org/10.23947/2541-9129-2022-3-32-36

Статистика пожаров как инструмент предотвращения чрезвычайных ситуаций

С. А. Хлебунов, К. В. Хохлова
Донской государственный технический университет (г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация)

Введение. Известно, что одной из самых масштабных чрезвычайных ситуаций (ЧС) являются возгорания. Систематизировать и формализовать их причины можно только с учётом эффективного анализа статистических данных. Проблема заключается в отсутствии эффективных математических инструментов и методик, позволяющих использовать статистику возгораний как инструмент предотвращения ЧС. Решение данной проблемы актуально для науки и техники. На основании обозначенной проблемы сформулирована цель настоящего исследования, заключающаяся в анализе статистики пожаров и её формализации при прогнозировании ЧС.

Постановка задачи. Задачей данного исследования является анализ состояния и причин пожаров, а также поиск инструмента их прогнозирования.

Теоретическая часть. Методологическим инструментарием решения обозначенной проблемы является использование методов множественного регрессионного и корреляционного анализа, позволяющих критеризировать и формализовать имеющуюся статистику пожаров. Установлено, что приемлемым параметром, характеризующим достоверность и тесноту связи эмпирических данных с их математической функцией применительно к поставленной задаче, является коэффициент корреляции.

Выводы. Доказано, что эффективным инструментом прогнозирования пожаров является использование линейных методов регрессионного анализа. Практическая значимость полученных результатов для науки и техники заключается в возможности создания цифровых инструментов прогнозирования и предотвращения ЧС, что позволит в значительной мере сократить ресурсозатраты на устранения их последствий.

Ключевые слова: чрезвычайные ситуации, прогнозирование, модели прогнозирования.

Для цитирования: Хлебунов, С. А. Статистика пожаров как инструмент предотвращения чрезвычайных ситуаций / С. А. Хлебунов, К. В. Хохлова // Безопасность техногенных и природных систем. — 2022. — № 3. — С. 32–36. https://doi.org/10.23947/2541-9129-2022-3-32-36

Original article

Fire Statistics as a Tool for Emergency Prevention

S. A. Khlebunov, K. V. Khokhlova
Don State Technical University (Rostov-on-Don, Russian Federation)

Introduction. It is known that fires are one of the most large-scale emergencies. It is possible to systematize and formalize their causes only if you take into account the effective analysis of statistical data. The scientific problem lies in the lack of effective mathematical tools and techniques that allow the use of fire statistics as an emergency prevention tool. The solution of this problem is relevant for science and technology. Based on the identified problem, the purpose of this study is formulated, which consists in the analysis of fire statistics and its formalization in predicting emergencies.

Problem Statement. The objective of this study is to analyze the state and causes of fires, as well as to find a tool for their prediction.

Theoretical Part. The methodological tools for solving this problem are the use of multiple regression and correlation analysis methods that allow criticizing and formalizing the available fire statistics. It is established that an acceptable parameter characterizing the reliability and closeness of the connection of empirical data with their mathematical function in relation to the task is the correlation coefficient.

Conclusions. It is proved that an effective tool for predicting fires is the use of linear regression analysis methods. The practical significance of the results obtained for science and technology lies in the possibility of creating digital tools for predicting and preventing emergencies, which will significantly reduce resource costs for eliminating their consequences.

***Keywords*:** emergencies, forecasting, forecasting models.

For citation: Khlebunov S. A., Khokhlova K. V. Fire Statistics as a Tool for Emergency Prevention. Safety of Technogenic and Natural Systems, 2022, no.3, pp. 32−36. https://doi.org/10.23947/2541-9129-2022-3-32-36

Введение. Известно, что возникновение чрезвычайных ситуаций (ЧС) является многофакторным процессом, зависящим от большого числа составляющих. Одной из наиболее часто возникающих категорий чрезвычайных ситуаций является возгорание. Возгорания, вне зависимости от объекта, приводят к существенным, а в некоторых случаях катастрофическим социально-экономическим и технологическим последствиям. На предотвращение и минимизацию подобных ситуаций направлена работа Государственной противопожарной службы МЧС России.

Ежегодно в открытых источниках публикуются сведения о возгораниях на промышленных и гражданских объектах [1–4]. Данная статистика носит предупредительный характер, поскольку позволяет оценить связи между некоторыми факторами, приводящими к возникновению ЧС. На основании анализа источников [1–4] удалось выявить следующие факторы, приводящие к возгораниям объектов: нарушение правил эксплуатации электрооборудования и бытовых электроприборов, неисправность производственного оборудования, нарушение технологического процесса производства, неосторожное обращение с огнем, шалость детей с огнем, нарушение правил пожарной безопасности при проведении электрогазосварочных работ, взрывы, самовозгорание веществ и материалов, неисправность и нарушение правил эксплуатации печного отопления, поджоги и прочие неустановленные причины. Однако, несмотря на системность представляемой информации, отсутствуют инструменты, позволяющие её формализовать и построить вероятностный прогноз развития ЧС в текущих условиях. Данные прогнозы необходимы для обозначения значимости профилактических мероприятий с представлением ориентировочных социально-культурных убытков. На основании вышеизложенного считаем, что анализ статистики пожаров и её формализация является практически значимой, актуальной задачей как для промышленности, так и для гражданского населения.

Цель исследования — анализ статистики пожаров и её формализация при прогнозировании ЧС.

Постановка задачи. Представительными статистическими данными по числу возгораний являются значения, опубликованные в [1–4]. Данные материалы являются достоверными и имеют сходимость с результатами, опубликованными в [5–7].

Установлено, что перспективным инструментом формализации статистических данных является использование методов множественного регрессионного анализа, обобщённо суть которых можно представить с помощью математических коэффициентов, оценивающих величину достоверности функциональной аппроксимации некоторого массива данных. На основании анализа [8–10] установлено, что применительно к поставленной задаче наиболее рациональным является использование линейных регрессионных моделей вида:

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^{k} b_i x_i + \sum_{i=1}^{k} b_{ij} x_i x_j, \tag{1}$$

где b_0, b_i, b_{ii}, b_j — коэффициенты, характеризующие силу влияния свободных, линейных, квадратичных и парных эффектов взаимодействия математической модели; x_i x_j — факторы, силу влияния которых на рассматриваемый отклик демонстрирует математическая модель.

В качестве параметра, наиболее представительно характеризующего достоверность и тесноту связи эмпирических данных с их математической функцией, примем коэффициент корреляции. Практический опыт оценки достоверности статистических моделей с помощью коэффициента корреляции представлен в работах [11, 12]. Рассмотрим общие закономерности алгоритма использования коэффициента корреляции. Допустим наличие выборки объемом n из величин (x_1, y_1), (x_2, y_2),…, (x_n, y_n) с их совместным распределением, тогда коэффициент корреляции определим как:

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2\}^{1/2}\{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})^2\}^{1/2}}. \tag{2}$$

Коэффициент корреляции между x и y оценивает эмпирическую меру линейной зависимости между ними. Причем $n\bar{x} = \sum x_i$, $n\bar{y} = \sum y_i$. Если перед всеми суммами поставить множители *1/(n-1)*,то r_{xy} позволит учитывать дисперсии и ковариацию с замененными их выборочными оценками. Однако применительно к поставленной задаче ограничимся представлением о численных значениях коэффициента корреляции относительно –1 и +1, где значение –1 говорит об отсутствии связи, а +1 — о наличии.

После выбора математического инструмента формализации статистики перейдём к анализу эмпирических данных, необходимых для построения вероятностных прогнозов. В таблице 1 представлены данные о пожарах в РФ за 2015–2020 годы, опубликованные в [1].

Таблица 1

Статистика возникновения пожаров в РФ за 2015-2020 годы

Год / Фактор ЧС	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2015	10228	25456	338	29243	1414	618	54	305	13502	1184	9376
2016	9034	25118	300	25828	1279	552	50	287	13683	1369	8761
2017	8296	24995	318	24255	1100	549	40	273	12912	1450	8056
2018	7698	25868	351	22668	1080	531	47	298	14087	1378	8009
2019	8814	25360	327	25498	1218	563	47	291	13546	1345	8551
2020	8296	24995	318	24255	1100	549	40	273	12912	1450	8056

Примечание к таблице: фактор возникновения ЧС: 1 — нарушение правил эксплуатации электрооборудования и бытовых электроприборов; 2 — поджоги; 3 — неисправность производственного оборудования, нарушение технологического процесса производства; 4 — неосторожное обращение с огнем; 5 — шалость детей с огнем; 6 — нарушение правил пожарной безопасности при проведении электрогазосварочных работ; 7 — взрывы; 8 — самовозгорание веществ и материалов; 9 — неисправность и нарушение правил эксплуатации печного отопления; 10 — неустановленные; 11 — прочие причины.

Теоретическая часть. На рис. 1 представлено распределение числа возгораний в зависимости от года.

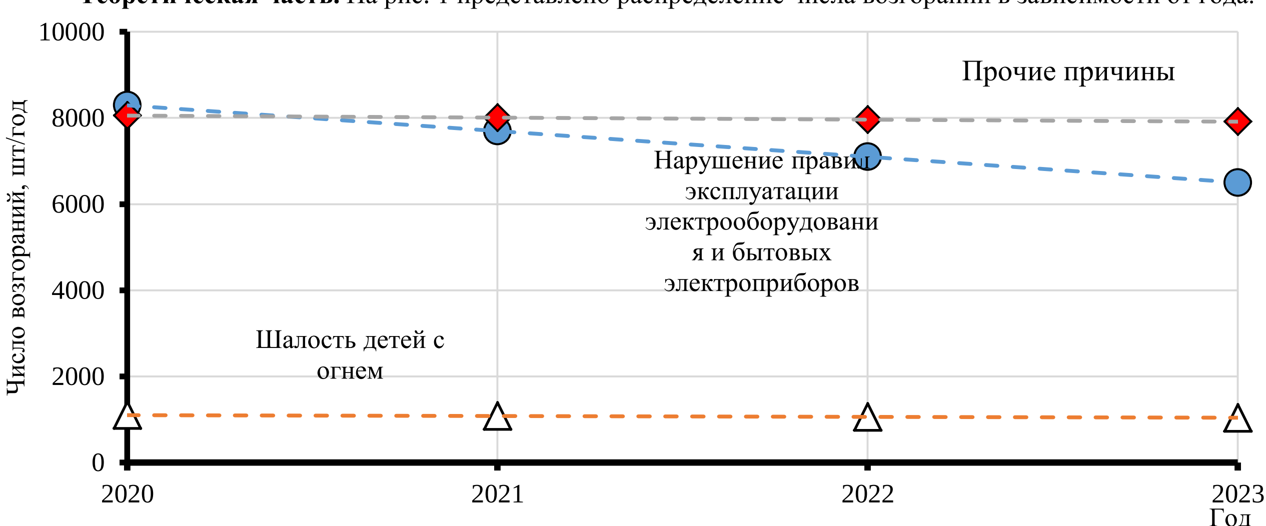


Рис. 1. Распределение числа возгораний в зависимости от года

Анализ представленной статистики позволил установить, что:

– линейная модель (3) с достаточной степенью достоверности характеризует годовое распределение числа возгораний от нарушения правил эксплуатации электрооборудования и бытовых электроприборов при уровне статистической значимости α = 0,05:

$$y = -598{,}00x + 1\,216\,256{,}00, \quad (3)$$

при этом коэффициент корреляции равен r = 1,0;

– линейная модель (4) с достаточной степенью достоверности характеризует годовое распределение числа возгораний от прочих причин при уровне статистической значимости α = 0,05:

$$y = -47x + 102\,996, \quad (4)$$

при этом коэффициент корреляции равен r = 1,0;

– линейная модель (5) с достаточной степенью достоверности характеризует годовое распределение числа возгораний от шалости детей с огнем при уровне статистической значимости α = 0,05:

$$y = -20x + 41\,500, \quad (5)$$

при этом коэффициент корреляции равен *r* = 1,0;

– линейная модель (6) с достаточной степенью достоверности характеризует годовое распределение числа возгораний неисправности производственного оборудования, нарушение технологического процесса производства при уровне статистической значимости α = 0,05:

$$y = 33x - 66342, \quad (6)$$

при этом коэффициент корреляции равен *r* = 1,0;

– линейная модель (7) с достаточной степенью достоверности характеризует годовое распределение числа возгораний неосторожного обращения с огнем при уровне статистической значимости α = 0,05:

$$y = -1\,587{,}00x + 3\,229\,995{,}00, \quad (7)$$

при этом коэффициент корреляции равен r = 1,0;

– линейная модель (8) с достаточной степенью достоверности характеризует годовое распределение числа возгораний нарушений правил пожарной безопасности при проведении электрогазосварочных работ при уровне статистической значимости α = 0,05:

$$y = -18x + 36909, \quad (8)$$

при этом коэффициент корреляции равен *r* = 1,0;

– линейная модель (9) с достаточной степенью достоверности характеризует годовое распределение числа возгораний при взрывах при уровне статистической значимости α = 0,05:

$$y = 7x - 14100, \quad (9)$$

при этом коэффициент корреляции равен *r* = 1,0;

– линейная модель (10) с достаточной степенью достоверности характеризует годовое распределение числа самовозгораний веществ и материалов при уровне значимости α = 0,05:

$$y = 25x - 50227, \quad (10)$$

при этом коэффициент корреляции равен *r* = 1,0.

– линейная модель (11) с достаточной степенью достоверности характеризует годовое распределение числа возгораний неисправности и нарушение правил эксплуатации печного отопления при уровне статистической значимости α = 0,05:

$$y = 1\,175{,}00x - 2\,360\,588{,}00, \quad (11)$$

при этом коэффициент корреляции равен *r* = 1,0.

– линейная модель (12) с достаточной степенью достоверности характеризует годовое распределение числа не установленных возгораний при уровне статистической значимости α = 0,05:

$$y = -72x + 146\,890, \quad (12)$$

при этом коэффициент корреляции равен *r* = 1,0.

– линейная модель (13) с достаточной степенью достоверности характеризует годовое распределение числа возгораний из-за поджогов при уровне значимости α = 0,05:

$$y = 873{,}00x - 1\,738\,465{,}00, \quad (13)$$

при этом коэффициент корреляции равен *r* = 1,0.

Выводы. Из вышесказанного можно заключить:

– на основании статистики с 2015 по 2020 годы установлено, что наибольшая доля возгораний приходится на поджоги и неосторожное обращение с огнем;

– доказано, что эффективным инструментом прогнозирования пожаров является использование линейных методов регрессионного анализа;

– формализация статистики пожаров с использованием линейных регрессионных моделей позволяет структурировать и цифровизировать имеющиеся массивы данных с точки зрения предъявляемых критериев;

– математическая структуризация статистики с точки зрения предъявляемых критериев позволяет использовать массивы данных в автоматизированном режиме.

Библиографический список

1. Реестр ЕМИСС / Федеральная служба государственной статистики: официальный сайт // rosstat.gov.ru : [сайт]. — URL: https://rosstat.gov.ru/emiss (дата обращения : 23.03.2022).

2. Шабанов, Н. С. Анализ статистики пожаров на объектах здравоохранения, домах-интернатах в период 2016-2020 годов / Н. С. Шабанов, В. В. Малов // Техносферная безопасность в XXI веке. — 2021. — С. 228–231.

3. Анализ статистики пожаров с использованием математических и статистических методов / А. П. Дарманян, Н. М. Веселова, Д. Д. Нехорошев, В. П. Мороз // Безопасность жизнедеятельности. — 2019. — № 2 (218). — С. 53–58.

4. Козлова, А. С. Единая государственная система учета пожаров и их последствий как инструмент пожарной статистики / А. С. Козлова, Д. А. Чуйков, Г. И. Сметанкина // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидаций последствий чрезвычайных ситуаций. — 2019. — № 1 (10). — С. 153–155.

5. Мордвиненко, С. Е. Экспресс-метод оценки соответствия объекта надзора требованиям пожарной безопасности / С. Е. Мордвиненко, А. В. Ершов, Д. С. Пикуш // Безопасность техногенных и природных систем. — 2021. — № 4. — С. 29–35. https://doi.org/10.23947/2541-9129-2021-4-29-35

6. Егельская, Е. В. Аспекты применения риск-ориентированного подхода на опасных производственных объектах / Е. В. Егельская, М. Ю. Романенко // Безопасность техногенных и природных систем. — 2020. — № 4. — С. 45–49. https://doi.org/10.23947/2541-9129-2020-4-45-49

7. Система адаптивного дистанционного мониторинга и контроля эксплуатации опасных объектов на основе риск-ориентированного подхода / А. В. Панфилов, О. А. Бахтеев, В. В. Дерюшев, А. А. Короткий // Безопасность техногенных и природных систем. — 2020. — № 2. — С. 19–29. https://doi.org/10.23947/2541-9129-2020-2-19-29

8. Венцель, Е. С. Исследование операций / Е. С. Вентцель. — Москва : Советское радио, 1976. — 552 с.

9. Вознесенский, В. А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях / В. А. Вознесенский. — Москва : Статистика, 1974. — 192 с.

10. Гмурман, В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика: уч. пособие ля ВУЗов / В. Е. Гмурман. — Москва : Высшая школа. — 2003. — 479 с.

11. Санковец, А. А. Математический анализ использования производственных мощностей предприятия с применением корреляционно-регрессионного анализа (на примере ООО «Угольный разрез») / А. А. Санковец, И. С. Резуваева // Вектор экономики. — 2021. — № 3 (57).

12. Статистический анализ размерных характеристик пыли, образующейся при механической обработке металлов / Н. Н. Азимова, Е. Н. Ладоша, С. Н. Холодова [и др.] // Вестник Донского государственного технического университета. — 2020. — № 1(20). — С. 68–78. https://doi.org/10.23947/1992-5980-2020-20-1-68-78

Поступила в редакцию 19.05.2022
Поступила после рецензирования 05.06.2022
Принята к публикации 05.06.2022

Об авторах:

Хлебунов Сергей Анатольевич, декан факультета «Безопасность жизнедеятельности и инженерная экология» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), кандидат технических наук, ORCID, shlebunov@yandex.ru

Хохлова Кристина Владимировна, студент кафедры «Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), ORCID, cristy2020@yandex.ru

Заявленный вклад соавторов:

С. А. Хлебунов — научное руководство, анализ результатов исследований, доработка текста, корректировка выводов; К. В. Хохлова — формирование основной концепции, цели и задачи исследования, проведение расчетов, подготовка текста, формирование выводов.